



สรุปเนื้อหาและภาพประกอบ โดย พี่นัท ติวเตอร์วิชาเคมี
ผู้มีประสบการณ์การสอนมากกว่า 20 ปี
พี่นุก และทีม Lecture de book ดักริเกียรตินิยม
วิทยาศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Lecture

สรุปเข้ม

เคมี ม.ปลาย

ฉบับสมบูรณ์



CHEMISTRY

พี่นัท พี่นุก และทีม Lecture de book



สารบัญ

บทที่ 1 ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี 07

สัญลักษณ์แสดงอันตรายสารเคมี (Hazard pictogram)	007
การวัดปริมาณสาร	009
เลขนัยสำคัญ (Significant figure)	010

บทที่ 2 อะตอมและตารางธาตุ 12

แบบจำลองอะตอม	012
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	017
แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	018
อนุภาคมูลฐานของอะตอม	020
สัญลักษณ์นิวเคลียร์	020
ไอโซโทป ไอโซโทน ไอโซบาร์	021
ลักษณะและความเป็นคลื่นของแสง	022
แบบจำลองอะตอมของโบร์	027
แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก	027
การจัดเรียงอิเล็กตรอน	028
ตารางธาตุ	032
สมบัติของธาตุหมู่หลัก	047
ธาตุแทรนซิชัน (Transition metal)	051
ธาตุกัมมันตรังสี	053
ปฏิกิริยานิวเคลียร์	056
สมบัติของสารประกอบ	060

บทที่ 3 พันธเคมี 63

พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond)	063
พลังงานของพันธะโคเวเลนต์	074
รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	074
มุมพันธะของโมเลกุลโคเวเลนต์	078
การเกิดสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุล	080
แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	082
พันธะไอออนิก (Ionic bond)	085
พันธะโลหะ (Metallic bond)	094

บทที่ 4 โมลและสูตรเคมี 95

มวลอะตอม (Atomic mass)	095
มวลโมลาร์ (Molar mass)	097
โมล (mole)	097
ร้อยละขององค์ประกอบในสาร	104
สูตรเคมี (Chemical formula)	104
มวลของสารในปฏิกิริยาเคมี	106
กฎทรงมวลและกฎสัดส่วนคงที่	107

บทที่ 5 สารละลาย 109

ความเข้มข้นของสารละลาย	109
การเตรียมสารละลาย	114
สมบัติคอลลิเกทีฟ (Colligative properties)	116

บทที่ 6 สมการเคมี 119

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสมการเคมี	119
หลักในการเขียนสมการเคมีและดุลสมการเคมี	121
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี	121
สมการเคมีกับสารกำหนดปริมาณ	122
การคำนวณหาปริมาณสารจากสมการเคมีที่มีมากกว่าหนึ่งสมการ	122
ผลได้ตามทฤษฎีและผลได้จริง	123

บทที่ 7 แก๊สและสมบัติของแก๊ส 124

ความดันแก๊ส	124
สมบัติของแก๊ส	126
กฎของบอยล์ (Boyle's law)	127
กฎของชาร์ลส์ (Charles's law)	128
กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law)	129
กฎรวมแก๊ส	130
กฎของแก๊สสมบูรณ์	130
ระบบแก๊สผสมและการเชื่อมต่อภาชนะบรรจุแก๊ส	131
ทฤษฎีจลน์อธิบายกฎของแก๊ส	133
การแพร่ของแก๊ส	134

บทที่ 8 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	135
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	135
แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	137
พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	140
กลไกของปฏิกิริยา (Reaction mechanism)	141
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	142

บทที่ 9 สมดุลเคมี	145
ภาวะสมดุล (Equilibrium state)	145
ค่าคงที่ของสมดุล (Equilibrium constant)	147
การรบกวนภาวะสมดุล	150
การใช้หลักของเลอชาเตอลีเยร์ในอุตสาหกรรม	154

บทที่ 10 กรด-เบส	156
ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส (Arrhenius acid-base)	156
ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี (Bronsted-Lowry acid-base)	156
ทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิส (Lewis acid-base)	158
การแตกตัวของกรด-เบส	159
pH และ pOH ของสารละลาย	165
อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส (Acid-base Indicator)	165
ปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization reaction)	167
ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis reaction)	167
การไทเทรตกรด-เบส (Acid-base titration)	169
สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution)	174

บทที่ 11 เคมีไฟฟ้า	176
ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction)	176
เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell)	178
เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell)	188

บทที่ 12 เคมีอินทรีย์	192
การเขียนสูตรโครงสร้างสารอินทรีย์	192
การจำแนกสารอินทรีย์	192
ไอโซเมอร์ (Isomer)	194
หมู่ฟังก์ชัน (Functional group)	195
แอลเคน (Alkane)	196
แอลคีน (Alkene)	202
แอลไคน์ (Alkyne)	205
อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon)	208
แอลกอฮอล์ (Alcohol)	210
อีเทอร์ (Ether)	213
แอลดีไฮด์และคีโตน (Aldehyde and Ketone)	214
กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid)	216
เอสเทอร์ (Ester)	218
เอมีน (Amine)	220
เอไมด์ (Amide)	223

บทที่ 13 พอลิเมอร์	225
โครงสร้างพอลิเมอร์	225
พอลิเมอร์แบบควบแน่น (Condensation polymer)	226
พอลิเมอร์แบบเติม (Addition polymer)	230
พลาสติก (Plastic)	234
ยาง (Rubber)	234

ประวัติเคมี	237
ตารางธาตุ	239

บทที่ 1 ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี



1. สัญลักษณ์แสดงอันตรายสารเคมี (Hazard pictogram)

ระบบ GHS หรือ Globally Harmonized System for Classification and Labelling of Chemicals มีจุดประสงค์หลักเพื่อส่งเสริมการปกป้องสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากอันตรายของสารเคมีผ่านระบบที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก ในระบบ GHS จะแสดงสัญลักษณ์ในรูปแบบสี่เหลี่ยมรอบแดงพื้นสีขาว ดังรูปในตารางต่อไปนี้

รูปภาพ	ความหมาย
 <p>วัตถุระเบิด</p>	<ul style="list-style-type: none">• สารที่ก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อได้รับความร้อน แสง หรือตัวเร่ง เช่น สารกลุ่มไนเตรต (Nitrate) คลอเรต (Chlorate) และเปอร์คลอเรต (Perchlorate)• สารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์ (Organic peroxides)
 <p>สารออกซิไดส์</p>	<ul style="list-style-type: none">• ตัวเร่งให้สารเกิดการลุกไหม้ได้ดี• สารที่ให้ออกซิเจนออกมาเร่งการลุกไหม้ เช่น ไฮโปคลอไรต์ (Hypochlorite) เปอร์แมงกาเนต (Permanganate)• สารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์ (Organic peroxides)
 <p>สารไวไฟ</p>	<ul style="list-style-type: none">• สารไวไฟ• สารที่ลุกติดไฟได้เอง• สารที่ทำปฏิกิริยาได้ด้วยตนเอง• สารที่เกิดความร้อนได้เอง• สารที่ไหม้แก๊สไวไฟ

บทที่ 2 อะตอมและตารางธาตุ

1. แบบจำลองอะตอม

นักปราชญ์ชาวกรีกชื่อ **ดีโมคริตุส (Democritus)** กล่าวว่า เมื่อเราขบยสารลงเรื่อยๆ จะได้ส่วนที่เล็กที่สุด ซึ่งไม่สามารถทำให้เล็กลงกว่าเดิมได้อีก และเรียกอนุภาคที่เล็กที่สุดนั้นว่า "อะตอม"

atom มาจากภาษากรีก
คำว่า atomos แปลว่า
แบ่งแยกอีกไม่ได้

ในปี ค.ศ. 1803 **จอห์น ดอลตัน (John Dalton)** ได้เสนอทฤษฎีอะตอม ใจความสำคัญว่า

1. อะตอมเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสสาร ซึ่งไม่สามารถแบ่งแยกให้เล็กลงไปกว่านี้ได้อีกแล้ว
2. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน
3. อะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีสมบัติแตกต่างกัน
4. สารประกอบเกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมของธาตุต่างชนิดกัน ในอัตราส่วนจำนวนเต็มที่เป็นเลขลงตัวน้อยๆ
5. อะตอมไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือถูกทำลายได้

นอกจากนี้ยังได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่า อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมตัน



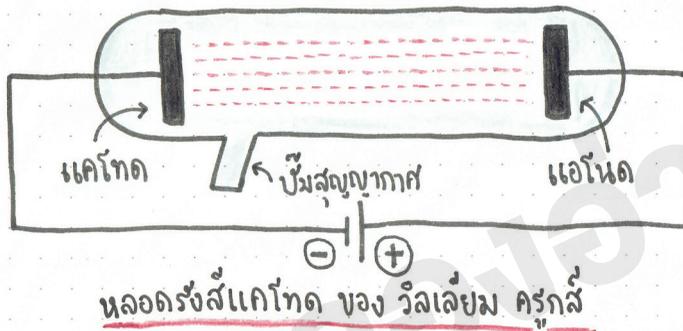
แบบจำลองอะตอมของจอห์น ดอลตัน

การค้นพบอิเล็กตรอน

ในปี ค.ศ. 1865 วิลเลียม ครูกส์ (William Crookes) ได้สร้างหลอดรังสีแคโทดขึ้นมาโดยใช้แผ่นโลหะ 2 แผ่นเป็นขั้วไฟฟ้า โดยต่อขั้วไฟฟ้าลบกับขั้วลบ (-) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า ขั้วแคโทด (Cathode) และต่อขั้วไฟฟ้าบวกเข้ากับขั้วบวก (+) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เรียกว่า ขั้วแอโนด (Anode)

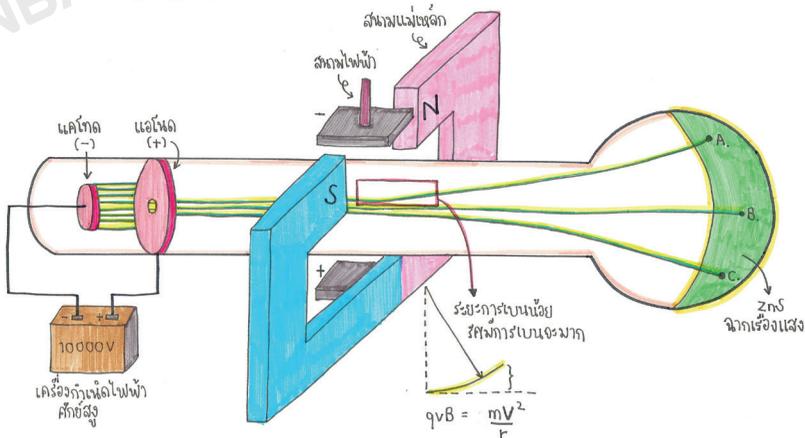


บทที่ 2



ต่อมา เซอร์ โจเซฟ จอห์น ทอมสัน (Sir Joseph John Thomson) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดของวิลเลียม ครูกส์ ดังนี้

หลอดรังสีแคโทดของทอมสัน



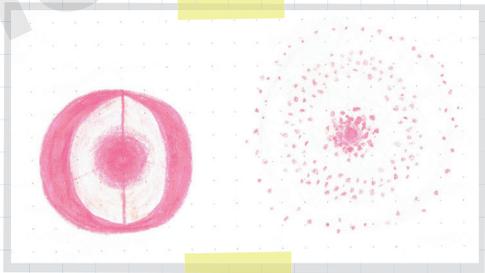


	1s	2s	2p	
♥ Li :	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	\square	$1s^2 2s^1$
♥ Be :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\square	$1s^2 2s^2$
♥ B :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	\uparrow	$1s^2 2s^2 2p^1$
♥ C :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow$	$1s^2 2s^2 2p^2$
♥ N :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\uparrow\uparrow$	$1s^2 2s^2 2p^3$
♥ O :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow$	$1s^2 2s^2 2p^4$
♥ F :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$	$1s^2 2s^2 2p^5$
♥ Ne :	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow$	$\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$	$1s^2 2s^2 2p^6$

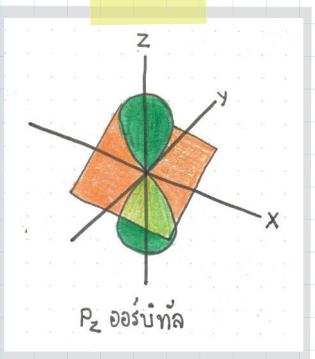
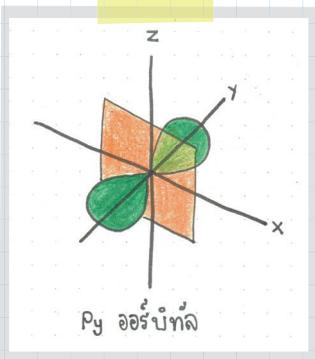
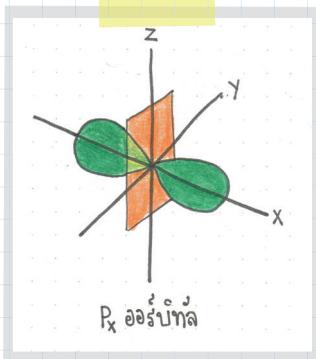
รูปร่างของออร์บิทัล

1. รูปร่างของ s ออร์บิทัล

s ออร์บิทัล มีลักษณะเป็นทรงกลม (Spherically symmetrical) ล้อมรอบนิวเคลียส เหมือนกันทุกทิศทาง

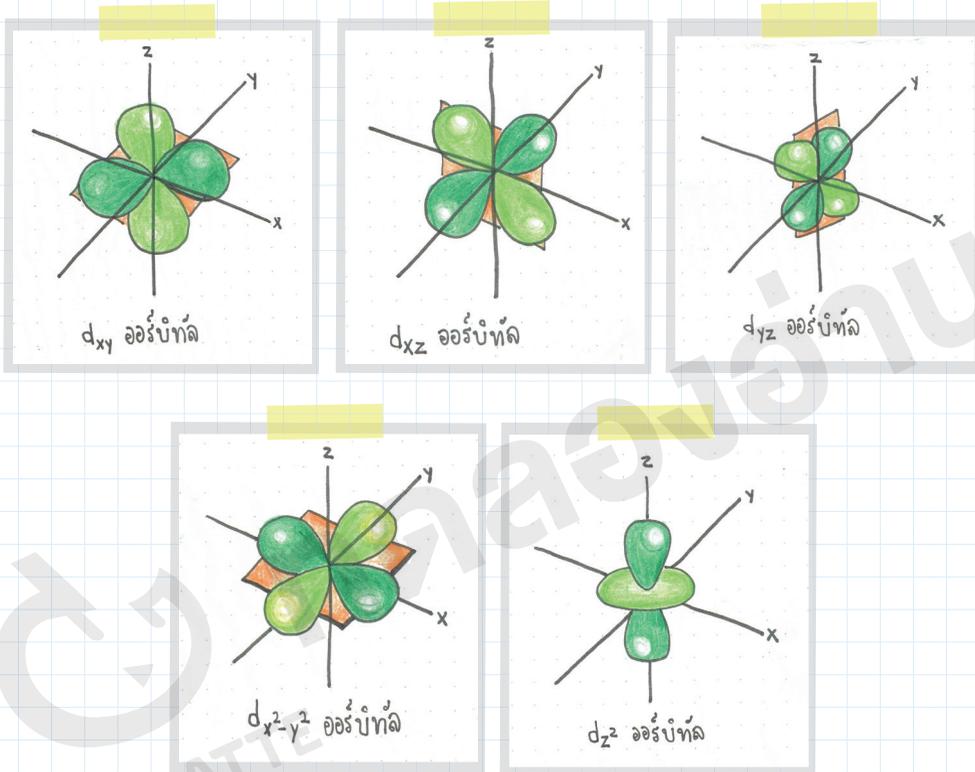


2. รูปร่างของ p ออร์บิทัล



3. รูปร่างของ d ออร์บิทัล

d ออร์บิทัล มีทั้งหมด 5 ออร์บิทัล แต่ละออร์บิทัลมีรูปร่างและการจัดตัวในที่ว่าง 3 มิติ ในทิศทางต่างกัน จึงมีชื่อเรียกแตกต่างกันเป็น d_{xy} , d_{yz} , d_{xz} , $d_{x^2-y^2}$ และ d_z



11. ตารางธาตุ

ความเป็นมาของตารางธาตุ

1. กฎชุดสาม (Triad law)

- โดย โยฮันน์ เดอเบอไรเนอร์ (Johann Döbereiner)
- ช่วงแรกมีการค้นพบธาตุมากกว่า 40 ธาตุ มีการศึกษาสมบัติของธาตุที่ค้นพบ และพยายามจัดธาตุให้อยู่เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 ธาตุที่มีสมบัติคล้ายกัน จึงเรียกว่า กฎชุดสาม

13. ธาตุทรานซิชัน (Transition metal)

ธาตุทรานซิชัน คือ ธาตุที่ใช้ไอเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย d หรือ f ในการเกิดพันธะ ยกเว้น ธาตุหมู่ 12 มีธาตุ Zn, Cd และ Hg ที่ใช้ไอเล็กตรอนในระดับพลังงานย่อย s ในการเกิดพันธะ



บทที่ 2

ธาตุทรานซิชัน

	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	
57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	
89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	
Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	

กลุ่มแลนทาไนด์	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

กลุ่มแอกทิไนด์	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

สมบัติของธาตุทรานซิชัน

1. มีเลขออกซิเดชันมากกว่า 1 ค่า ยกเว้น ธาตุบางชนิด เช่น Sc เป็น +3, Zn เป็น +2 และ Ag เป็น +1 เสมอ
2. ธาตุทรานซิชันมีแนวโน้มที่จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้
3. สารประกอบเชิงซ้อนส่วนใหญ่มีสี ซึ่งเป็นสีของไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน
4. มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 (ยกเว้น Cr และ Cu = 1) และอิเล็กตรอนถัดจากวงนอกสุดไม่ครบ 18 (ยกเว้น Cu และ Zn)
5. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง เพราะมีพันธะโลหะ
6. เป็นโลหะที่นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีเหมือนกับโลหะทั่วๆ ไป

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุแทรนซิชัน

ธาตุ	เลขอะตอม	จัดอิเล็กตรอนแบบธรรมดา	จัดอิเล็กตรอนแบบออร์บิทัล
Sc	21	2 8 9 2	[Ar] 3d ¹ 4s ²
Ti	22	2 8 10 2	[Ar] 3d ² 4s ²
V	23	2 8 11 2	[Ar] 3d ³ 4s ²
Cr*	24	2 8 13 1	[Ar] 3d ⁵ 4s ¹
Mn	25	2 8 13 2	[Ar] 3d ⁵ 4s ²
Fe	26	2 8 15 2	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Co	27	2 8 15 2	[Ar] 3d ⁷ 4s ²
Ni	28	2 8 16 2	[Ar] 3d ⁸ 4s ²
Cu**	29	2 8 18 1	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹
Zn	30	2 8 18 2	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²

*,** Cr และ Cu มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนต่างจากธาตุอื่น เพราะการใส่อิเล็กตรอนลงใน d ออร์บิทัล ให้เป็น 5 ตัว (Half-filled configuration) และ 10 ตัว (Full-filled configuration) จะเสถียรกว่า

สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน

1. สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน ประกอบด้วยไอออนเชิงซ้อนร่วมกับไอออน หรือไอออนเชิงซ้อนร่วมกับไอออนเชิงซ้อนก็ได้
2. ไอออนเชิงซ้อนประกอบด้วยอะตอมหรือไอออนของโลหะแทรนซิชันอยู่ตรงกลาง โดยมีกลุ่มของไอออนหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวล้อมรอบ ไอออนเชิงซ้อนด้วยพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์

2. มวลโมลาร์ (Molar mass)

การหามวลโมลาร์ของสารใช้เพื่อเปรียบเทียบกับมวลอะตอม โดยเปรียบเทียบกับว่าโมเลกุลของสารชนิดหนึ่ง 1 โมเลกุล มีมวลเป็นกี่เท่าของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม

$$\text{มวลโมลาร์} = \frac{\text{มวลของสาร 1 โมเลกุล}}{\frac{1}{12} \text{ ของมวล C-12 1 อะตอม}}$$
$$\text{มวลโมลาร์} = \frac{\text{มวลของสาร 1 โมเลกุล}}{1.66 \times 10^{-24}}$$



บทที่ 4

นอกจากนี้ เราสามารถคิดมวลโมลาร์จากผลบวกของอะตอมของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบใน 1 โมเลกุลของสาร

ตัวอย่าง

กำหนดมวลอะตอมของธาตุดังนี้ H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32
เพื่อหามวลโมลาร์ของแต่ละธาตุได้ดังนี้

1. CH_4 มีมวลโมลาร์ = 16
2. NH_3 มีมวลโมลาร์ = 17
3. H_2O มีมวลโมลาร์ = 18
4. CH_3COOH มีมวลโมลาร์ = 60
5. SO_3 มีมวลโมลาร์ = 80

3. โมล (mole)

สารใดๆ 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค เรียกว่า เลขอาโวกาโดร (Avogadro's number)

$$1 \text{ โมล} = 6.02 \times 10^{23} \text{ อนุภาค}$$

- ถ้าอนุภาคคือ โมเลกุล เรียกว่า โมลโมเลกุล เช่น แก๊สไฮโดรเจน (H_2) 1 โมลโมเลกุล มีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล
- ถ้าอนุภาคคือ อะตอม เรียกว่า โมลอะตอม เช่น สังกะสี (Zn) 1 โมลอะตอม มีจำนวนอะตอมเท่ากับ 6.02×10^{23} อะตอม
- ถ้าอนุภาคคือ ไอออน เรียกว่า โมลไอออน เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) 1 โมลไอออน มีจำนวนไอออนเท่ากับ 6.02×10^{23} ไอออน

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลโมเลกุลกับจำนวนโมลอะตอม

สารใดๆ 1 โมล หรือ 6.02×10^{23} โมเลกุล จะมีจำนวนโมลอะตอมเท่ากับจำนวนอะตอมที่ปรากฏในสูตรเคมีของสารนั้น

ตัวอย่าง

สูตรเคมี $C_6H_{12}O_6$ 1 โมลโมเลกุล หมายวลอะตอมได้ดังนี้
 แบ่งเป็น C = 6 โมลอะตอม หรือ $6 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม
 H = 12 โมลอะตอม หรือ $12 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม
 O = 6 โมลอะตอม หรือ $6 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม
 โมลอะตอมรวม = $6 + 12 + 6 = 24$ โมลอะตอม
 หรือ $24 \times 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับมวลของสาร

สาร 1 โมลอะตอม มีมวล = มวลอะตอม (กรัม)

สาร 1 โมลโมเลกุล มีมวล = มวลโมลาร์ (กรัม)

ตัวอย่าง 1

- นีออน (Ne) 1 โมล (มวลอะตอม = 20) จะมี
- น้ำหนัก = 20 กรัม
 - จำนวนอะตอมของ Ne = 6.02×10^{23} อะตอม หรือ 1 โมลอะตอม
 - ปริมาตรที่สภาวะมาตรฐาน ($0^\circ C$ ที่ 1 atm) = 22.4 ลิตร หรือ ลูกบาศก์เดซิเมตร (L, dm^3)

ความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับปริมาตรของแก๊ส

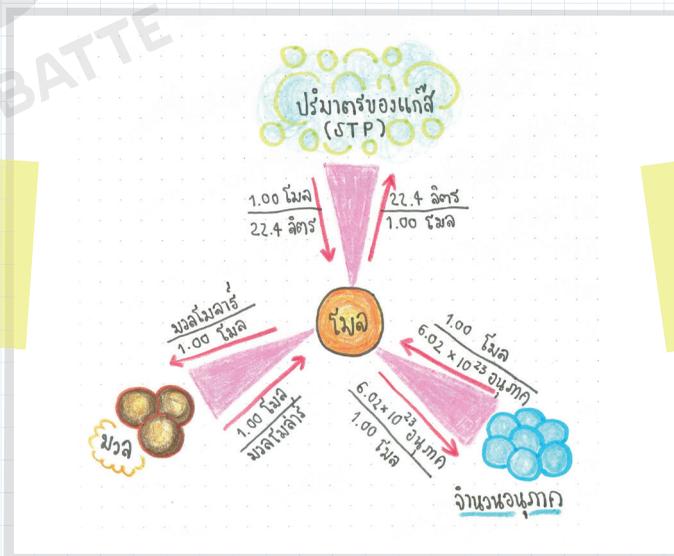
ปริมาตรของแก๊สใดๆ ที่ STP (อุณหภูมิ 0°C หรือ 273 K และความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท) มีค่าเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm³) เสมอ

แก๊สใดๆ จำนวน 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 dm³ ที่ STP

สูตรคำนวณเกี่ยวกับโมล

$$\text{mol} = \frac{g}{\text{M.M.}} = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{V \text{ (L)}}{22.4}$$

- เมื่อ mol คือ จำนวน โมล
 g คือ มวลของสาร มีหน่วยเป็นกรัม
 M.M. คือ มวลโมลาร์หรือมวลอะตอมของสาร
 N คือ จำนวนอนุภาคของสาร
 V คือ ปริมาตรของแก๊ส มีหน่วยเป็น dm³ หรือลิตรที่ STP



เทคนิค

- แนะนำให้ ถ้าเห็นโจทย์แล้วทำอะไรไม่ถูก ให้ลองเปลี่ยนสิ่งที่โจทย์ให้มาเป็นหน่วยโมลก่อน
 - ถ้าโจทย์ให้จำนวนอะตอมหรือโมเลกุลมา ให้เอา 6.02×10^{23} ไปหาร จะได้จำนวนโมล
 - ถ้าโจทย์ให้ปริมาตรที่ STP มา ให้เอา 22.4 ไปหาร จะได้จำนวนโมล
 - ถ้าโจทย์ให้แต่น้ำหนักเป็นกรัมมา ให้บวกมวลโมลาร์ (M.M.) แล้วเอาไปหารน้ำหนัก จะได้จำนวนโมล
- ถ้ารู้โมลแล้วจะเปลี่ยนไปเป็นอะไรก็ได้ เช่น
 - ปริมาตรที่ STP = คูณด้วย 22.4 ลิตร
 - จำนวนโมเลกุลหรือจำนวนอะตอม = คูณด้วย 6.02×10^{23} อะตอม
 - น้ำหนักในหน่วยกรัม (g) = คูณด้วยมวลโมลาร์ (M.M.)
- โจทย์ให้ความหนาแน่น ($d = \frac{m}{V}$; เมื่อ d = ความหนาแน่น, m = น้ำหนักในหน่วยกรัม (g), V = ปริมาตรของสาร)
 - ถ้าเป็นแก๊สที่ STP ให้เอาไปหาน้ำหนักสารในหน่วย กรัม ต่อ 1 โมล ได้เลย
 - ถ้าเป็นของเหลวหรือของแข็ง หรือสภาวะที่ไม่ใช่ STP ให้คำนวณหาปริมาตรด้วยสูตรความหนาแน่นก่อน (แทนค่า $V = \frac{m}{d}$) โดย m หาได้จากการรู้ค่าโมลก่อน
 - ระวัง!** หน่วยของความหนาแน่นตัวว่าเป็น g/cm^3 หรือ g/L , g/dm^3 ต้องทำให้เป็นหน่วยเดียวกันก่อน ไม่งั้นค่าที่คำนวณจะผิดพลาด



ตัวอย่าง 1

แก๊สฮีเลียมหนัก 30 กรัม จะมีปริมาตรเท่าใดที่ STP (มวลอะตอมของ He = 4)

วิธีคิด

นำ He 30 กรัม แทนค่าในสูตร $mol = \frac{g}{M.M.}$

จะได้ $n = \frac{30}{4} = 7.5$ โมล

แต่แก๊สทุกๆ 1 โมล จะมีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP

ดังนั้น He 7.5 โมล จึงมีปริมาตรที่ STP เท่ากับ $7.5 \times 22.4 = 168$ ลิตร

บทที่ 8 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ปริมาณสารตั้งต้น (Reactant) ที่ลดลง หรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ (Product) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาในหนึ่งหน่วยเวลา (วินาที นาที หรือชั่วโมง) ซึ่งเขียนสูตรความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{เวลา}}$$

หรือ

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี} = \frac{\text{ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น}}{\text{เวลา}}$$

การวัดปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติของสาร เช่น ชั่งมวลเมื่อสารเป็นของแข็ง วัดปริมาตรเมื่อสารเป็นแก๊ส วัดความเข้มข้นเมื่อเป็นสารละลาย หรือหาจำนวน โมลของสารซึ่งใช้ได้กับสารทุกสถานะ ส่วนเวลาอาจวัดเป็นวินาที นาที หรือชั่วโมง ขึ้นอยู่กับว่าปฏิกิริยาเกิดเร็วหรือช้าเพียงใด

การคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ถ้าปฏิกิริยาทั่วไป คือ $A + 2B \longrightarrow C + 3D$ ปฏิกิริยานี้วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หลายวิธี ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่าง K_a , K_b และ K_w

ผลคูณระหว่างค่าคงที่สมดุลของคู่กรดกับค่าคงที่สมดุลของคู่เบสของสารละลายใดๆ มีค่าเท่ากับค่าคงที่สมดุลของน้ำ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$K_w = K_a \times K_b$$

5. pH และ pOH ของสารละลาย

ความเข้มข้นของ H^+ และ OH^- ของสารละลายในภาวะสมดุลจะมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง ดังนั้น จึงได้มีการเสนอแนะให้ใช้มาตราส่วนใหม่ที่สะดวกกว่า เรียกว่า พีเอช (pH-scale) โดย

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

ในทำนองเดียวกัน pOH ก็เป็นค่ากำหนดเพื่อบอกความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลาย โดย

$$pOH = -\log [OH^-]$$

เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ pOH ได้ดังนี้

$$[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$(-\log [OH^-]) + (-\log [H^+]) = 14$$

$$pOH + pH = 14$$

6. อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส (Acid-base indicator)

อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส เป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อน จัดเป็นสารประเภทลิข้อม มีสมบัติเป็นกรดอ่อนแทนด้วย HIn หรือมีสมบัติเป็นเบสอ่อนแทนด้วย In^- ปกติละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ สีของอินดิเคเตอร์เป็นกรดอ่อน (HIn) จะต่างจากเมื่ออยู่ในรูปของคู่เบส (In^-) ดังสมการ



$$K_{In} = \frac{[H_3O^+][In^-]}{[HIn]}$$



บทที่ 10

ตามหลักของเลอชาเตอลิเยร์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ H_3O^+ สมดุลใหม่จะเลื่อนไปทางซ้าย จึงเห็นสีของ HIn แต่ถ้าเติม OH^- ลงไปจะทำให้ H_3O^+ มีความเข้มข้นลดลง สมดุลใหม่จะเลื่อนไปทางขวา จึงเห็นสีของ In^-

- ถ้าสารละลายของ HIn เข้มข้นสูงกว่า In^- 10 เท่า สารละลายจะมีสีของ HIn
- ถ้าสารละลายของ In^- เข้มข้นสูงกว่า HIn 10 เท่า สารละลายจะมีสีของ In^- เช่น เมทิลออเรนจ์ เปลี่ยนสีที่ pH 3.2-4.4 (แดง-เหลือง) ซึ่งหมายความว่า
 - ที่ pH 3.2 หรือต่ำกว่า 3.2 จะมีสีแดง
 - ที่ pH 4.4 หรือสูงกว่า 4.4 จะมีสีเหลือง
 - ที่ pH ระหว่าง 3.2-4.4 จะมีสีส้ม ซึ่งเป็นสีผสมระหว่างสีแดงกับสีเหลือง

ตัวอย่างชนิดของอินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสี	สีที่เปลี่ยน
เมทิลออเรนจ์ (Methyl orange)	3.2-4.4	แดง-เหลือง
เมทิลเรด (Methyl red)	4.2-6.3	แดง-เหลือง
อะโซลิตมิน (Azolitmin) หรือ ลิทมัส (Litmus)	6.0-8.0	แดง-น้ำเงิน
โบรโมไทมอลบลู (Bromothymol blue)	6.0-7.6	เหลือง-น้ำเงิน
ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)	8.3-10.0	ไม่มีสี-ชมพู

บทที่ 11 เคมีไฟฟ้า

เคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

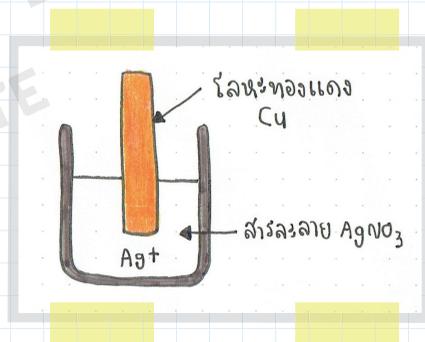
ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า (Electrochemical reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นไฟฟ้า หรือให้กระแสไฟฟ้าแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction)

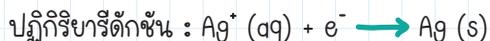
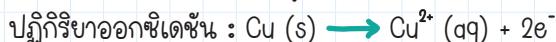
ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาที่เกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ประกอบไปด้วย 2 ปฏิกิริยา ได้แก่ ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction)

ตัวอย่าง

เมื่อนำแผ่นโลหะทองแดง (Cu) จุ่มลงในสารละลาย AgNO_3 พบว่าที่แผ่นโลหะ Cu มีของแข็งสีขาวปนเทาเกาะอยู่ และเมื่อนำมาเคาะจะพบว่าแผ่นโลหะ Cu เกิดการสึกกร่อน ส่วนสีของสารละลาย AgNO_3 เปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีฟ้า



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เขียนในรูปสมการได้ดังนี้



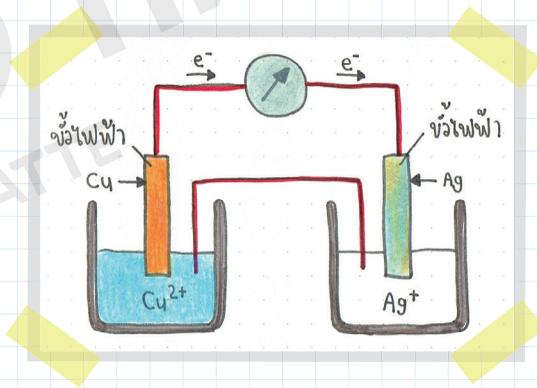
การดุลสมการรีดอกซ์

การดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชัน

1. หาธาตุที่มีเลขออกซิเดชันเปลี่ยนไปต่อ 1 อะตอมของธาตุ โดยพิจารณาธาตุที่มีเลขห้อยก่อนเสมอ โดยการคูณด้วยเลขห้อยของธาตุที่มีการเปลี่ยนแปลง
2. นำเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนไปมาใส่ไว้ข้างกัน (เพื่อให้จำนวน e^- ที่ถ่ายเทเท่ากัน) โดยคูณไขว้กับธาตุที่มีเลขห้อยก่อนเสมอ
3. ดุลอะตอมของธาตุอื่นๆ ให้เท่ากันสองข้าง (H กับ O ทำทีหลัง)
4. กรณีที่ธาตุมีการเพิ่มและลดเลขออกซิเดชันอยู่ในสารประกอบชนิดเดียวกัน ให้แยกออกมาเป็น 2 ตัวก่อน แล้วทำตามข้อ 1-3 จากนั้นจึงค่อยนำมารวมกันในตอนท้าย
5. กรณีที่ธาตุมีการเปลี่ยนและไม่เปลี่ยนเลขออกซิเดชันอยู่ในสารประกอบชนิดเดียวกัน ให้แยกออกมาเป็น 2 ตัวก่อน แล้วทำตามข้อ 1-3 จากนั้นจึงค่อยนำมารวมกันในตอนท้าย

2. เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell)

เซลล์กัลวานิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาเองได้ เปลี่ยนจากพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น



ปฏิกิริยาเคมี	$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
ครึ่งเซลล์	Oxidation	Reduction
ขั้วไฟฟ้า	ลบ (แอโนด)	บวก (แคโทด)

หลักการจำ



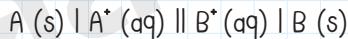
* Red Cat = Reduction
เกิดที่ Cathode



* An Ox = Anode
เกิด Oxidation

แผนภาพเซลล์เคมีไฟฟ้า

หากปฏิกิริยารีดอกซ์เขียนเป็น
เขียนแผนภาพได้เป็น



ครึ่งเซลล์ออกซิเดชัน ครึ่งเซลล์รีดักชัน

หมายเหตุ

1. || แทนสะพานเกลือ และแต่ละครึ่งเซลล์ให้ใช้เครื่องหมาย | คั่นระหว่างสารต่างสถานะ
2. ถ้าต้องการระบุความเข้มข้น ให้เขียนไว้ในวงเล็บแล้ววางหลังสารละลาย เช่น $Cu (s) | Cu^{2+} (aq)(0.1 M) || Ag^* (aq)(0.1 M) | Ag (s)$
3. ถ้าสารในสถานะเดียวกันมีมากกว่า 1 ชนิด ให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น เช่น $Fe (s) | Fe^{2+} (aq), Fe^{3+} (aq) || Cu^{2+} (aq) | Cu (s)$
4. ถ้ามีความดันเข้ามาเกี่ยวข้อง ให้ระบุความดันในวงเล็บแล้ววางไว้หลังแก๊สนั้น เช่น $Pt (s) | H_2 (1 atm) | H^* (aq) || Ag^* (aq) | Ag (s)$



บทที่ 11

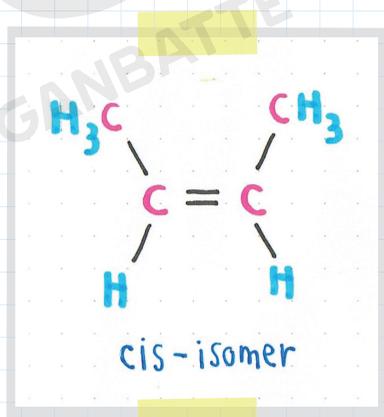
2. แอลคีน (Alkene)

การเรียกชื่อสารประกอบแอลคีนโดยระบบ IUPAC

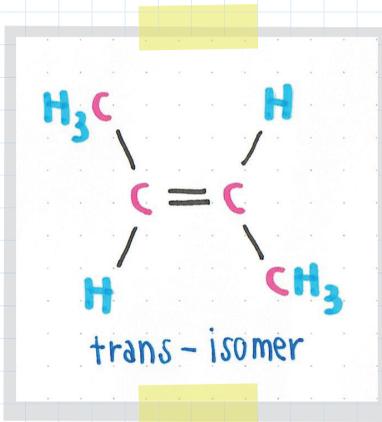
1. เลือกโซ่คาร์บอนที่ยาวที่สุดและมีพันธะคู่อยู่ในโซ่นั้นด้วยเป็นสายโซ่หลัก โดยให้ตำแหน่งพันธะคู่เป็นเลขที่น้อยที่สุด และในกรณีที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง ให้เลือกโซ่ที่มีจำนวนพันธะคู่มากที่สุดเป็นสายโซ่หลัก
2. ถ้ามีพันธะคู่เพียง 1 พันธะ ให้ลงท้ายชื่อว่า -อิน (-ene) ถ้ามี 2 พันธะ ให้ลงท้ายชื่อว่า -ไดอิน (-diene)
3. ตำแหน่งของพันธะคู่ให้ระบุด้วยตัวเลขของคาร์บอนอะตอมแรกที่สร้างพันธะคู่นั้น
4. ถ้ามีหมู่แทนที่อื่นๆ ให้ระบุตำแหน่งและชื่อหมู่แทนที่ทำงานเองเดียวกับสารประกอบแอลเคน

สมบัติของแอลคีน

1. เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ มีสูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n}
2. เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์
3. แอลคีนที่มีคาร์บอน 2-4 อะตอม มีสถานะเป็นแก๊ส แอลคีนที่มีคาร์บอน 5-18 อะตอม มีสถานะเป็นของเหลว และแอลคีนที่มีคาร์บอน 19 อะตอมขึ้นไป มีสถานะเป็นของแข็ง
4. แอลคีนมีไอโซเมอร์เรขาคณิต (Geometrical isomerism) โดยแบ่งออกเป็นดังนี้



cis-isomer คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดเรียงตัวอยู่ในตำแหน่งเดียวกันของพันธะคู่



trans-isomer คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดเรียงตัวอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันของพันธะคู่

จุดเดือดของ *cis*-isomer สูงกว่า *trans*-isomer เพราะ *cis*- มีขั้วมากกว่า ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแข็งแรงกว่า ในขณะที่จุดหลอมเหลวของ *cis*-isomer ต่ำกว่า *trans*-isomer เนื่องจากโครงสร้างแบบ *cis*- ไม่เป็นระเบียบ ทำให้จัดเรียงตัวในของแข็งได้ไม่แน่นหนา ในขณะที่ *trans*- เป็นโครงสร้างที่สมมาตรกว่า ทำให้จัดเรียงตัวได้แน่นหนาและแข็งแรงกว่า จึงหลอมเหลวได้ยากกว่า

ปฏิกิริยาของแอลคีน

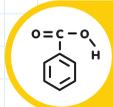
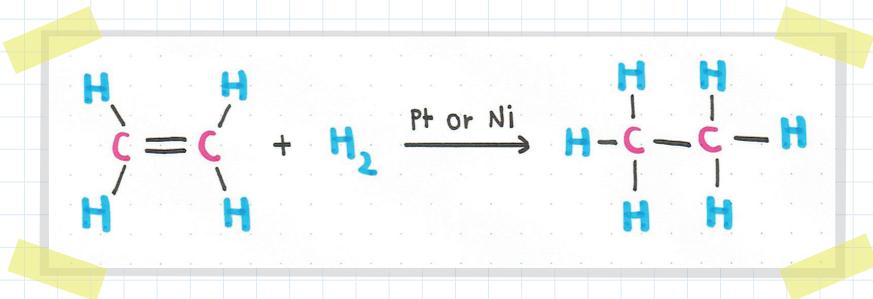
ปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Combustion reaction)

เนื่องจากแอลคีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว เผาไหม้แล้วจึงมีเขม่า



ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation reaction)

คือ ปฏิกิริยาที่แอลคีนทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน โดยมี Pt หรือ Pd หรือ Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



พอลิเมอร์ (Polymer) คือ สารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดจากหน่วยเล็กๆ เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) จำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ พบทั้งในธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้นมา

1. โครงสร้างของพอลิเมอร์

1. พอลิเมอร์แบบเส้น (Linear polymer)

พอลิเมอร์ชนิดนี้เกิดจากมอนอเมอร์สร้างพันธะโคเวเลนต์เป็นโซ่ยาว เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene) พอลิอะครีโลไนไตรล์ (Polyacrylonitrile) พอลิสไตรีน (Polystyrene) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) ไนลอน 6,6 (Nylon 6,6) และพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate)

พอลิเมอร์เหล่านี้เป็นโซ่ตรงทำให้สายโซ่แต่ละเส้นเรียงชิดติดกันแน่น จึงทำให้มีลักษณะขุ่นและเหนียว แต่พอลิสไตรีนและพอลิไวนิลคลอไรด์มีสายโซ่กิ่งยื่นออกมาทำให้เกิดการผลึกกันของสายพอลิเมอร์จึงมีความใสมากกว่า

2. พอลิเมอร์แบบกิ่ง (Branched polymer)

เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ที่มีกิ่ง สายโซ่อาจสั้นหรือยาวก็ได้ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ไม่สามารถเรียงตัวชิดติดกันได้ พอลิเมอร์ชนิดนี้จึงยืดหยุ่น มีความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าพอลิเมอร์แบบเส้น เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ไกลโคเจน (Glycogen) อะไมโลเพกทิน (Amylopectin)

3. พอลิเมอร์แบบร่างแห (Crosslinking polymer)

เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างโซ่พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้นหรือแบบกิ่งต่อเนื่อกันเป็นร่างแห ถ้ามีการเชื่อมโยงไม่มากจะมีสมบัติยืดหยุ่น อ่อนตัว แต่เมื่อมีจำนวนพันธะมาก พอลิเมอร์จะแข็ง ไม่ยืดหยุ่น เมื่อขึ้นรูปแล้วไม่สามารถหลอมแล้วขึ้นรูปใหม่ได้ เช่น เมลามีน (Melamine) เบกาไลต์ (Bakelite)